

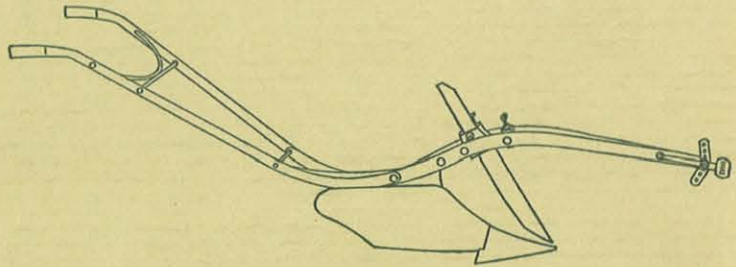
Tage Holmberg

Lantbrukshögskolan
UPPSALA

RAPPORTER FRÅN --- --- JORDBEARBETNINGSÄVDELNINGEN

Agricultural College of Sweden, 750 07 Uppsala 7

Reports from the Division of Soil Management

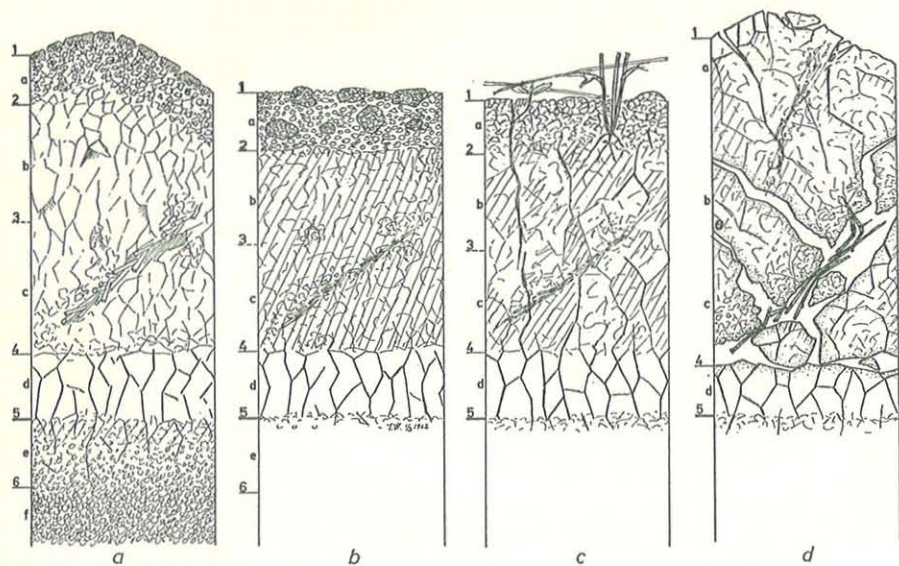


NR 13

JUNI 1968

Reijo Heinonen:

TIDIG VÅRSÄDD. VÄXTFYSIOLOGISKA
OCH EKOLOGISKA SYNPUNKTER PÅ
AKTUELLA TENDENSER I SÅBÄDDSBE-
REDNING OCH SÄDD AV VÅRSTRÄSÄD.



EX LIBRIS INGE HÅKANSSON

Tidig vårsådd

Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella
tendenser i såbäddsberedning och sådd av vårstråsäd

av

Reijo Heinonen

<u>Innehåll</u>	<u>Sid.</u>
Inledning	2
Botaniska förutsättningar för hög torrsubstans- produktion	3
Botaniska förutsättningar för hög kärnskörd	5
En utväg i nordiskt klimat med försommartorka: sen axgång	6
Utvecklingens villkor efter en tidig vårsådd	7
Problem med kvävetillförsel	10
Groning och initialutveckling	11
Bestockning och stråstyrka	11
Rotutveckling	12
Axbildning och mognadsförlopp	12
Skördeavkastning	13
Sammanfattning	15
Litteratur	17

Inledning.

Starkare traktorer, bredare redskap och större körhastighet under de senaste tio åren lett till betydande effektivisering av all jordbearbetning. I det rationella storjordbruket har man faktiskt redan kommit så långt, att möjligheterna att förbättra det ekonomiska resultatet genom ytterligare arbetsbesparingar är relativt begränsade. Detta framgår klart, när vitänker att jordbearbetningens hela arbetsbehov från och med höstplöjningen till och med sådd, vilket i storjordbruk enligt Databok för driftsplanering (1963) är 12 traktortimmar per ha, nu kan pressas till endast ca 5 timmar. Den totala kostnaden för detta motsvarar ungefär 3 dt spannmål. Om man alltså ännu en gång kunde minska jordbearbetningskostnaden till hälften, vilket låter ganska utopiskt, skulle man inte vinna mera än ca 150 kg spannmål per ha.

På produktionssidan är vinstmarginalen ofta betydligt större. I försöksmaterialet är toppskördarna på 6 ton spannmål per hektar inte helt ovanliga, vilket klart visar, att det finns stort spelrum mellan dagens genomsnittsskördar och den maximigräns som bestäms av våra sädeslags produktionskapacitet. I enlighet med detta händer det ofta, att en lyckad behandling ger en skördeökning på 5 dt eller mera, även om den grundskörd man fått med en "normal" odlingsteknik är bra. En säker skördeökning av denna storleksklass skulle motivera betydande ökning i de insatta resurserna, t.ex. anskaffning av nya redskap. Det är därför ekonomiskt fullt motiverat att sätta fortsatt skördeökning som ett primärt mål för odlingsteknisk forskning och utveckling.

En väg till högre skördar utgörs av en optimering av vårbruk och såtid. De senaste årens utveckling har medfört många intressanta nyheter på detta område. Ökad dragkraft och effektivare redskap möjliggör tidigare, snabbare och (förmodligen) bättre vårbruk, och även principiellt helt nya metoder, vars användbarhet ännu är okänd, har kommit in i bilden. Under våra förhållanden är bl.a. följande nyheter och utvecklingslinjer av intresse:

- Höstplöjning med tillsatsredskap (tiltrotor, plogrotor) på plog, alternativt separat harvning på hösten, vilket skapar förutsättningar för förenklade metoder för vårbruk och sådd.
- Sådd av vårstråsäd på hösten med pelleterat utsäde som gror först på våren.
- Sådd på tjälad mark med frässåmaskin.
- Eliminering (eller i varje fall en väsentlig minskning) av jordpackningsrisken genom tvillingmontering eller annan speciell hjulutrustning och genom kombination av redskap, vilket minskar antalet körningar.
- Radmyllning av kvävegödsel till 7 - 12 cm:s djup i samband med vårbruket, något som särskilt stimulerar beståndets vegetativa utveckling.

Många av dessa nyheter innebär så stora förändringar i grödans utvecklingsmiljö, att de, om de blir allmänt accepterade, kommer att ha återverkningar på sortvalet och på växtförädlingen. När förädlingsanstalterna börjar använda en ny odlingsteknisk metod, t.ex. radmyllningen av kväve, måste detta efterhand resultera i sorter som bättre än de nuvarande utnyttjar den nya miljöns möjligheter. Men växtförädlingen fungerar inte enbart som eko till odlingstekniken, dess resultat kan också ge anledning till utvecklingen av nya odlingstekniska metoder. Så ställer t.ex. de nya högavkastande dvärgtyper av stråsåd som man har fått fram i Japan och i USA mycket höga krav på ogräsbekämpning, såbäddsberedning och sådd. Detsamma gäller vid sådd av färdigt betbestånd med monogermfrö.

Denna översikt avser att belysa den växtfysiologiska och beståndsekologiska bakgrunden till de moderna tendenserna till tidig vårsådd. Materialet till översiktens växtfysiologiska delar har till stor del hämtats från ett nyligen utkommet samlingsverk "The growth of cereals and grasses", redigerat av Milthorpe and Ivins (1966), men för korthetens skull har hänvisningarna till detta uteslutits ur texten.

Botaniska förutsättningar för hög torrsubstansproduktion.

För varje bestånds produktion finns en maximigräns (fotosyntesvallen) som bestäms av den tillgängliga strålningsenergin (tid, intensitet) och den assimilerande bladytan (storlek, varaktighet, specifik nettoassimilationskapacitet). Bladens varaktighet verkar närmast lineärt medan ytans betydelse avtar och flackar ut när förhållandet bladytan/markytan når ett visst gränsvärde. Detta gränsvärde varierar från 2 till 10 eller mera beroende på bladens form och orientering samt ljusintensiteten. Storleken och varaktigheten sammanfattas ofta till ett integrerat begrepp, bladytans varaktighet ("leaf area duration"), som utgör den viktigaste faktorn vid studium av ett bestånds assimilatproduktion under givna klimatiska betingelser.

Alla odlingsåtgärder, som syftar till högre assimilatproduktion, måste i sista hand öka den aktiva bladytans varaktighet. Den normala bladytans specifika nettoassimilationskapacitet är nämligen ganska konstant, eller i varje fall mycket svårförändrad. Under sådana betingelser kan ett tätt bestånds produktion ökas endast genom att öka den aktiva vegetationsfasens varaktighet. Här utgör kvävegödslingen det viktigaste medlet. Växtförädlingen har tydligen hittills inte åstadkommit någon direkt ökning i den totala torrsubstansproduktionen hos stråsåd, men indirekt har den ökat totalproduktionen genom att öka stråstyrkan. Detta har möjliggjort intensivare kvävegödsling och följdaktligen större varaktighet hos bladytan.

Kvävegödslingens verkan på bladytans varaktighet kan kompletteras med andra medel. Genom att välja sent mognande sorter kan man relativt lätt utnyttja eftersommaren ända till riskgränsen, men på vårsidan finns det tydligen ännu en bristfälligt utnyttjad marginal mellan den meteoro-

logiska växtperiodens början (då de höstsådda grödorna börjar växa) och den tidpunkt, då vårsädens bestånd är tillräckligt tätt för att maximalt kunna tillgodogöra sig instrålningen. Det bör vara möjligt att med växtförädlingens och odlingsteknikens gemensamma ansträngningar påskynda beståndets initialutveckling på våren, så att assimilationsapparaten så tidigt som möjligt kan börja utnyttja försommarens rikliga solljus maximalt.

Sådana odlingsåtgärder som påskyndar beståndets initialutveckling har vanligtvis den följdverkan, att även mognadsförloppet påskyndas. Detta är ofta fördelaktigt ur skördeteknisk synpunkt, men kortare slutfas motverkar oundvikligen den produktionsvinst som den snabba initialutvecklingen givit. Att flytta den aktiva assimilationsperioden mot försommaren behöver i och för sig inte öka totalproduktionen. Denna ökar bara, om klimatet särskilt gynnar assimilationen under försommaren. Utvecklingspåskyndande åtgärder måste alltså kompletteras med övergång till senare sorter, om man vill maximera assimilationsproduktionen.

En intressant utvecklingslinje, som växtförädlingen redan börjat exploatera, är att bryta "fotosyntesvallen" genom morfologiskt nya växttyper. Både teoretiska och experimentella studier av ljusets interception och fördelning i olika beståndstyper har nyligen visat att växttyper vars blad är vertikalt orienterade i tillräckligt tätt och enhetligt bestånd kan utnyttja ljuset bättre än den normala typen med horisontellt orienterade och relativt breda blad. Typerna med upprätta blad har tidigare inte kunnat stå sig i sortprovnings, eftersom de har sämre konkurrensförmåga gentemot ogräs, och eftersom deras goda ljusupptagningsförmåga kommer till sin rätt endast i ett slutet, relativt tätt bestånd.

För att kunna exploatera dessa nya möjligheter måste man alltså lägga mycket stor vikt vid kemisk ogräsbekämpning och vid mekanisk bekämpning utanför växtperioden (stubbearbetning etc.). Kraven på såbäddens utformning, på näringstillförsel och på sådd kommer också att skärpas. Härvid måste man bl.a. undersöka möjligheter att öka beståndets slutenhet genom att använda mindre radavstånd, i vårsäd kanske ner till 9 cm. Även med dagens vårsädessorter skulle man tydligen kunna förbättra beståndets ljusutnyttjande och utveckling genom att minska radavståndet. En minskning med 3 cm från standardavståndet på 12,5 cm synes ge 1 - 3 procents skördeökning (opublicerade försöksresultat av statsagronom Anders Bengtsson; se även Boekholt 1962, Holliday 1964, Jealotts Hill Res. Sta. 1967).

Till sist är det skäl att konstatera, att det faktiskt även finns fysiologiska skillnader i bladytans nettoassimilationskapacitet hos olika sorter, och att det därför är tänkbart att växtförädlingen även skulle kunna utnyttja detta för att flytta "fotosyntesvallen" uppåt. Under den närmaste tiden väntar man dock största resultatet av den morfologiska växtförädlingslinjen och av förbättrad odlings teknik baserad på beståndseko-logiska studier (Jensen 1967, Tanner & Stoskopf 1967).

Botaniska förutsättningar för hög kärnskörd.

De ovan skisserade förutsättningarna för hög torrsubstansproduktion är gemensamma för alla grödor, men hög totalproduktion utgör mera sällan huvudmålet för växtodling. Så är fallet t.ex. i betodlingen om blasten tillvaratas som foder. Då blir också den "bokförda" hektarproduktionen mycket större än t.ex. i spannmålsproduktionen, där den ekonomiskt betydelsefulla skörden, kärnan, bara utgör en del, oftast mindre än hälften, av den totala torrsubstansproduktionen. Härav följer att det finns två principiellt olika vägar till större kärnskörd;

1. ökad totalproduktion
2. ökad kärnandel inom ramen för en fast totalproduktion.

Assimilationsundersökningar med ledisotoper har visat att kärnorna så gott som uteslutande matas genom assimilation ovanför stråets översta led, d.v.s. i själva axen och i det översta bladet. Någon nämnvärd assimilattransport från de andra bladen till axen har man inte kunnat konstatera, och det ser ut som om de lägre bladen efter axgången inte fyller någon annan funktion än att leverera det assimilat som ännu behövs för rotsystemets verksamhet och utvecklingen av stödrötterna. Några forskare har t.o.m. ansett, att icke axbärande skott ur kärnskördens synpunkt rent av är "parasitiska" eftersom de utnyttjar material (växtnäringsämnen och vatten, i början assimilat) som annars skulle komma kärnan till godo. Näringsämnen kan visserligen till en del omdisponeras när skottet börjar vissna, men det syntetiserade organiska materialet går i huvudsak förlorat.

Före axgången har bladen den viktiga uppgiften att producera assimilat till rot- och axbildningen, men uppenbarligen är bladverket hos våra sädesslag i allmänhet större och halmen längre än vad som behövs för optimal axbildning (antal och storlek). Annars hade växtförädlingen inte kunnat öka kärnskördens på halmskördens bekostnad i den omfattning som skett, samtidigt som den totala produktionsförmågan förblivit praktiskt taget oförändrad (Åkerberg & Stoy 1967). Skördeanalytiska studier har också gett tydliga bevis på att blad- och halmmassan ofta är större än vad som behövs för maximal kärnavkastning. Man har funnit att korrelationen mellan kärnavkastningen och bladytans totala varaktighet är relativt svag. Först efter axgången blir sambandet starkare, och kärnavkastningen är bäst korrelerad med varaktigheten efter blomningen av bladytan ovanför den översta leden.

Kärnavkastningens relativa (inom vissa gränser förekommande) oberoende av den vegetativa utvecklingsfasen indikerar, att det fortfarande finns ett visst utrymme för ökning av kärnavkastningen inom ramen för oförändrad totalproduktion. Växtförädlingen arbetar intensivt för att exploatera detta utrymme, och man kan tydligen arbeta med samma hypotes vid utformningen av sådana odlingstekniska åtgärder som påverkar grödans utvecklingsrytm och modifierar assimilatproduktionens fördelning mellan plantans olika delar.

Sammanfattningsvis kan konstateras att, växtfysiologiskt

sett, ökad kärnavkastning kan förväntas av sådana åtgärder som:

1. allmänt ökar torrsubstansproduktionen,
2. påskyndar initialutvecklingen så att grödan tidigt och snabbt bildar optimalt antal stora ax och stor assimilationsapparat ovanför den översta stråleden,
3. förlänger tiden för den reproduktiva utvecklingen så att ovannämnda assimilationsapparat förblir aktiv så länge som vegetationsperiodens längd tillåter.

Ur vårbrukssynpunkt är punkt 2 av speciellt intresse, eftersom flera av de nya metoder som nämndes i inledningen kan tänkas ha gynnsam verkan på initialutvecklingen, under det att punkt 3 är mera en fråga om sortval och kvävegödsling.

En utväg i nordiskt klimat med försommartorka: sen axgång

I det föregående konstaterades att tidig axgång, d.v.s. en relativt kort vegetativ tillväxtperiod, och en lång reproduktiv period ger de bästa växtfysiologiska förutsättningarna för hög kärnavkastning. Tyvärr sammanfaller perioden för axgången ofta med en intensiv försommartorka, vilket kan leda till allvarliga störningar i axbildningen. Både antalet ax och axens storlek kan bli påverkade (se t.ex. Pohjanheimo & Heinonen 1960).

För att undvika sådana störningar har Pohjanheimo (1959) föreslagit, att man i växtförädlingen skulle inrikta sig på sådana typer av vårstråsad, som har en relativt lång vegetativ tillväxtperiod åtföljd av en snabb reproduktiv fas och mognad. Då skulle den ur vattenförsörjningssynpunkt så känsliga axbildningen med större sannolikhet kunna ske under gynnsammare fuktighetsförhållanden. Medel-nederbörden stiger ju kraftigt mot midsommaren, och dessutom hinner typer med längre vegetativ period utveckla ett mer omfattande rotsystem före axgången. Eftersom alvens vattenmagasin i våra lerjordar är ganska stort och i regel väl fyllt efter vintern och långt in på sommaren, kan ett tidigt utvecklat stort rotsystem trygga vattenförsörjningen under en avsevärd tid utan tillskott av regn. Som bekant lider höstsäd, vars rotsystem så gott som alltid är välutvecklat innan torkan sätter in, mycket sällan av vattenbrist. Betydelsen av ett stort rotsystem före axgången understrykes ytterligare av det faktum, att rottillväxten stagnerar under axgångstiden.

Pohjanheimos förädlingslinje (som alltså går stick i stäv mot den tidigare beskrivna växtfysiologiskt motiverade linjen) har inte varit utan framgång (Kivi 1966), vilket visar att den har varit realistisk under de rådande förhållandena. Det förefaller dock som om det skulle vara svårt att på den linjen få fram sorter som är konkurrenskraftiga även under gynnsammare nederbördsförhållanden. För att en sort med försenad axgång skall kunna ge toppskörd, skulle det fordras, att växterna kunde lagra assimilat i de basala delarna under den långa vegetativa fasen

och sedan transportera dem till axen. Enligt de tidigare refererade studierna med ledisotoper är dock en sådan om-
 1 kalisering av assimilat osannolik. En längre vegetativ tillväxtperiod (utvecklandet av större rotsystem för ax-
 gången) skulle alltså bara kunna minska risken för sådana störningar som torkan orsakar vid axbildningen, men den skulle inte kunna kompensera den minskning av assimilationen i axen, som följer av en kortare reproduktiv period.

De nya metoder för tidig sådd som nu är under utveckling synes ge möjligheter till effektivare utnyttjande av vårperioden för grödans vegetativa initialutveckling. I synnerhet torde rotutvecklingen gynnas av tidig uppkomst, och detta måste öka grödans chanser att klara försommartorkan. En lyckad tidig sådd skulle därmed förbättra läget för sådana potentiellt högtavkastande vårsädestyper som går i ax relativt tidigt och minska behovet av typer med försenad axgång. Dessutom leder tidigare sådd vanligtvis även till något tidigare axgång och motverkar sålunda alla försök att uppskjuta denna till midsommaren.

Om det skulle bli möjligt att få fram växttyper som kan lagra assimilat under den vegetativa fasen och senare transportera dem till axen, skulle axgångstidens (axassimilationens) direkta verkan för kärnavkastningen minskas. Betydelsen av en tidig och frodig vegetativ utveckling skulle däremot bara bli större.

Utvecklingens villkor efter en tidig vårsådd.

Det synes vara en gammal och utbredd uppfattning att våra sädesslag i allmänhet mår ganska bra av relativt kyligt och fuktigt väder i vegetationsperiodens början, och denna uppfattning har fått stöd av nyare växtfysiologiska undersökningar.

Efter en tidig sådd är tydligen temperaturen oftast den dominerande tillväxtfaktorn, som påverkar grödans utveckling både kvantitativt och kvalitativt. Med en bestämd fysikalisk lagbundenhet blir alla tillväxtprocesser kvantitativt långsammare när temperaturen sjunker, men samtidigt sker också viktiga förändringar i tillväxtens fördelning mellan olika växtdelar. Dessa försjunkningar i tillväxtens fördelning kan i de allra flesta fall härledas från följande två, ur överlevandesynpunkt mycket ändamåls-
 enliga växtfysiologiska lagbundenheter (se schemat på nästa sida):

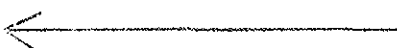
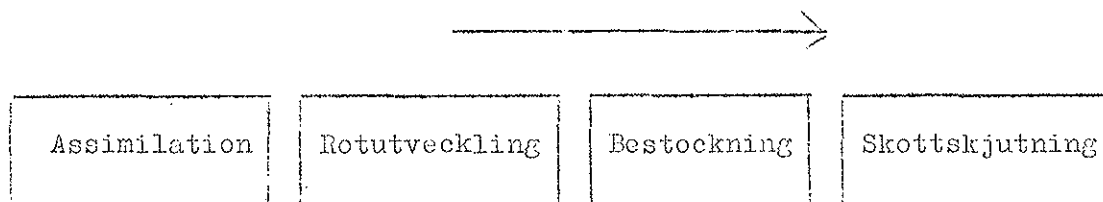
1. Den bromsverkan som en låg temperatur har på olika processer ökar i ordning
 assimilation < rottillväxt < bestockning < skottskjutning
2. "Man är sig själv närmast": det redan etablerade skottet tillfredsställer i första hand sitt eget behov av assimilat och levererar bara överskottet till bestockning och rotbildning; rötterna gör på samma sätt med vatten och näringssalterna.

x försjunkningar

Översikt över sådana förskjutningar i tillväxtprocesserna, som framkallas av tillskott i tillväxtfaktorerna temperatur, ljus, vatten och kväve.

TEMPERATUR OCH LJUS:

Stimulans genom högre temperatur

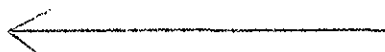
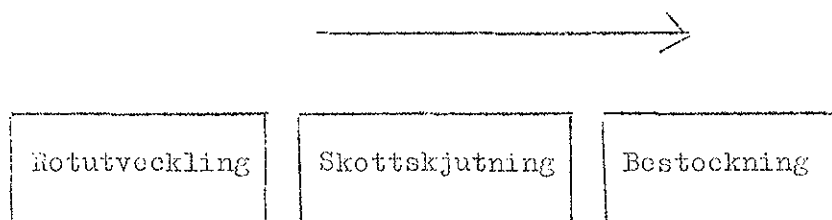


Stimulans genom högre ljusintensitet

Obs. Dagens längd har samma verkan som ljusintensiteten, men dessutom speciella verkningar på vissa växtsorter.

VATTEN OCH KVÄVE:

Stimulans genom bevattning och kvävegödsling



Stimulans genom(måttlig) vattenbrist

Våra sädeslag börjar assimilera vid ca $-2-0^{\circ}\text{C}$, och vid 10°C är nettoassimilationen hos en befintlig bladyta redan nära sitt maximum. Mellan 10°C och 20°C är nettoassimilationskurvan tämligen flack eftersom assimilation och respiration stiger i samma takt. Maximum ligger vid ca 15°C och efter $20-25^{\circ}\text{C}$ sjunker kurvan åter brant.

Efter en tidig sådd sker uppkomsten vanligtvis när dagstemperaturen är mellan 5 och 10°C . Tillväxten av ovanjordiska delar är då ganska långsam, men eftersom assimilationen redan är intensiv, blir det relativt sett mycket assimilat över och överskottet kan då disponeras för rotutvecklingen. Den absoluta assimilatproduktionen förblir dock begränsad så länge bladytan är liten. Om man tar hänsyn till temperaturstegringens gynnsamma verkan på bladtillväxten och studerar nettoassimilationen per planta

under en längre försöksperiod, finner man, att maximum nås först vid $20-25^{\circ}\text{C}$. Kyligare perioders gynnsamma verkan på rotutvecklingen kommer alltså med all kraft fram först när bladytan är relativt stor. Om temperaturen då bromsar de ovanjordiska växtdelarnas tillväxt, samtidigt som assimilationen är nära maximal, uppstår det ett stort överskott på assimilat i växtens basala delar, vilket möjliggör kraftig rotutveckling. Rottillväxten, som i och för sig har samma temperaturoptimum som de ovanjordiska delarna, har därför ett synbart optimum när mark- och lufttemperaturen är mellan 12 och 16°C (se även litteraturoversikt av Richards et.al. 1952).

Vid något högre temperatur gynnas särskilt bestockningen, eftersom blomställningens och skottskjutningens initiering har den högsta temperaturtröskeln. Men när axbildningen sedan väl har kommit i gång, får huvudskotten en märkbar dominans över bestockningen och rotutvecklingen. Den växtfysiologiska mekanismen hos detta "apical dominance"-fenomen är bristfälligt känd, men tydligen tar de etablerade skotten då alla växtnärings- och assimilatresurserna i anspråk, så att bestockningen hämmas av växtnärings- (i synnerhet av kväve) och rotutvecklingen av assimilatbristen. Efter utveckling vid hög temperatur (sen sådd) är alltså grödan relativt gles och den går i ax med litet rotsystem som dessutom stagnerar i utveckling. Då kan torkan lätt orsaka allvarliga skador på den känsliga axbildningen, och efterföljande regn (som ofta tillgängliggör stora mängder nitrat i det torra ytlagret) kan leda till skadlig grönskottsbildning.

Även många andra tillväxtfaktors verkan på grödans utveckling kan förklaras ur samma lagbundenhet som temperaturens verkan. Alla faktorer som ökar assimilatproduktionen ger möjlighet till bättre rotutveckling, i synnerhet om någon annan faktor samtidigt begränsar de ovanjordiska delarnas tillväxt. Utom låg temperatur är vatten eller kväve ofta en sådan begränsningsfaktor. Enligt den tidigare nämnda andra "lagen" berör bristen på kväve och vatten i första hand tillväxten i växtens ovanjordiska delar (mest kännbar är verkan på bestockningen, eftersom den omsätter mycket större mängder vatten och kväve än skottskjutningen). En knapphet på dessa ämnen kan alltså

ge en stimulans åt rotutvecklingen, men till slut blir assimilationsapparaten storlek avgörande även för rotutvecklingens del.

Ljusintensiteten, som annars är en avgörande faktor i assimilationen, spelar vanligen ganska liten roll i vår-sädens initialutveckling under våra förhållanden. Så länge beståndet är lågt och glest kan ljuset sällan bli en begränsande faktor, utan de normala variationerna hos ljusfaktorn håller sig på produktionskurvans flacka område.

Risken för frostsador diskuteras ofta i samband med tidig sådd, men enligt alla tillgängliga uppgifter är risken faktiskt ganska liten. Visserligen ser man ofta frostsador i bladspetsarna, men i regel repar sig grödan snabbt. Letala frostsador kan tänkas förekomma mest under dagarna efter uppkomsten, eftersom underjordisk reserv-näring då ligger vid minimum (av denna anledning har man sedan gammalt avrått från ogräsharvningen på det utvecklingsstadiet). Erfarenhetsmässigt är dock faran störst på axskjutningsstadiet, då frosten lätt kan döda hela växten (uppgift från dr. A. Valmari, Frostförsöksstationen i Pello, N.Finland).

Alla uppgifter om kritiska temperaturvärden för olika grödor är mycket approximativa, eftersom frostsadorna alltid beror på många olika faktorer. Enligt Ventskeyich (1961, s. 138) tål våräden på gröningsstadiet -7° till -10° C, men vid blomningen endast -1° till -2° C. Enligt dr. Valmari dör den ovanjordiska delen på broddstadiet vid -4° till -6° C. Liknande resultat fick Manner (1967) i laboratorieförsök med havre. Däremot repade sig vårvetet i Manners försök ännu 70-procentigt efter 3 timmar vid -12° C. Kornet tog en mellanställning och betydande sortskillnader förelåg. - Rotsystemet anges vara känsligare än bladen (se Richards et al. 1952, s.433), men risken för låga temperaturer är naturligtvis mycket mindre i jorden.

Problem med kvävetillförsel.

I tidigare avsnitt har kvävet roll redan berörts i samband med andra tillväxtfaktorer. Tillgång på kvävenäring är en av de få viktiga tillväxtfaktorer, som i stor utsträckning kan regleras under och efter vårbruket (mängd, tidpunkt, spridningssätt, form). Därför skisseras nedan en samlad bild av våra möjligheter att styra kvävefaktorn med tanke på den växtfysiologiskt och ekologiskt motiverade målsättningen: tidig utveckling av assimilationsapparaten och rotsystemet, tidig och jämn axgång med optimalt antal stora ax, tillräcklig stråstyrka, med hänsyn till sommarens längd dimensionerad reproduktionsperiod och jämn mognad.

Groning och initialutveckling.

I groningsomgivningen får koncentrationen av vattenlösliga ämnen inte vara så hög att plantans vattenupptagning skulle försvåras. Olika gödselmedel och salter har dessutom speciella toxiska verkningar på groende kärnor. Enligt Collis-George och Sands (1962) är dessa toxiska verkningar i groningsskedet menligare än försvårad vattenupptagning. Ett aktuellt exempel utgörs av giftig koncentration av ammoniak och nitrit i närheten av strängar av urea eller flytande ammoniak (Court et al. 1964, Hunter & Rosenau 1966).

Diammoniumfosfat, som är en vanlig beståndsdel i moderna högkoncentrerade gödselmedel, kan också ge upphov till farlig ammoniakkoncentration (Allred & Ohlrogge 1964), men den har dessutom i direkt kontakt med utsädet en specifik giftverkan, som beror på inaktivering av magnesium genom utfällning som ammoniummagnesiumfosfat (Ensminger et al. 1965).

Efter uppkomsten påskyndar god kvävetillgång bladtillväxten och ökar bladens klorofyllhalt, som tydligen ökar plantans assimilationskapacitet så länge bladytan är liten. I början behövs inte så stora mängder kväve, men det måste finnas i den begränsade rotzonen.

Bestockning och stråstyrka.

Bestockning, som alltid innebär kraftig ökning av bladytan, är den process, som mest påverkas av kvävetillgången. God vattentillgång är därvid lika viktigt, och skillnaden mellan de två faktorernas verkningssätt ligger däri, att kvävet initierar cellindelning och förgrening, under det att vattnet (turgortrycket) är nödvändigt för cellernas expansion (Crowther, ref. Richards & Wadleigh 1952). Alltför rik kvävetillgång kan leda till onödigt kraftig bestockning hos sorter som har särskilt stor bestockningsförmåga. Idealiskt vore en inbyggd ljusstyrning så att även vid riklig kväve- och vattentillgång endast så många skott skulle bildas, att alla skulle kunna bära ax. Visserligen eliminerar beståndets självgallring så småningom överskottet, men detta är alltid förknippat med förluster.

Tendensen till alltför rik vegetativ bestockning var en vanlig egenskap hos gamla landssorter, men växtförädlingen har succesivt minskat den. Detsamma kan sägas om tendensen till liggsädesbildning, vilket är en vanlig följd av alltför kraftig bestockning och beståndstäthet. Nästan hela förklaringen till de moderna sorternas bättre totala avkastningsförmåga ligger faktiskt i stråstyrkan. Bättre stråstyrka har möjliggjort kraftigare kvävegödsling och därmed större varaktighet av bladytan.

Den skördeökningsmarginal som kvävegödslingen gett, börjar dock i detta skede vara mer eller mindre utnyttjad, i varje fall under gynnsamma odlingsförhållanden, där skördarna i 5-tonsklassen inte behöver betyda liggsäd. Det är fullt möjligt att växtförädlingen ytterligare kan öka stråstyrkan hos våra sädesslag, men därav följer inte mera automatiskt att man kunde öka kärnavkastningen genom att öka kvävegöds-

lingen. I försök med stigande kvävegivor förekommer det allt oftare resultat som visar att man har överskridit optimi- given utan att det förekommit liggsäd. Därmed har den gamla enkla regeln "göda till liggsädesgränsen" satts ur spel; man måste utgå från försöksresultat vid bestämningen av kvä- vegivans storlek. Utan mera genomgripande förändringar i växtmaterialalets fysiologiska och morfologiska egenskaper (vilket inte är uteslutet), skulle alltså ökad stråstyrka i fortsättningen bara ha den betydelsen att odlingssäkerhet- en under ogynnsamma väderleksförhållanden förbättras.

I nordligare trakter där risken för liggsäd allttjämnt tving- ar till försiktigare kvävegödsling än vad som skulle vara önskvärt ur skördeavkastningssynpunkt, finns det tydligen fortfarande stort utrymme för skördeökning genom den enkla formeln: bättre stråstyrka - mera kväve. Detta framgår klart bl.a. av försöksresultat som visar stor skördeökning för CCC-behandling (Pohjanheimo 1968).

Rotutveckling.

Riklig bestockning innebär alltid, att den relativa delen av den totala assimilatproduktionen, som blir över för rot- utvecklingen, minskas och att viktsförhållandet ovanjordisk del / underjordisk del ökas. Denna relativa förskjutning blir dock i regel väl kompenserad genom efterföljande ökning i den totala assimilatproduktionen. Många forskare har funnit att kvävegödslingen, liksom annan med tanke på skörde- avkastningen optimerad gödsling, till slut ökar rotutveck- lingen (Knoch et al. 1957, Gliemeröth 1958, Olson et al. 1964). Såsom var fallet med ovanjordisk tillväxt, framkommer kvävet verkan i första hand i förgrening, inte i längdtillväxt. Den kraftiga förgreningen och tillväxten av rötter i kväve- rika markpartier kan t.o.m. ha den följd att huvudgrenar- nas längdtillväxt mot djupet blir långsammare (Gliemeröth 1958). Växtnäringens direkta verkan på rotutvecklingen av- tar med plantans ålder (May et al. 1965) och med förbättring i hela plantans näringstillstånd (Brouwer & Loen 1962).

Axbildning och mognadsförlopp.

Roland (1967) har nyligen studerat kvävegödslingens verkan på vårsädens axbildning och mognadsförlopp i en serie fält- försök i Skaraborgs län. Av hans resultat och aktuella litteraturöversikt framgår klart, att den gamla uppfattning- en att kväve generellt skulle försena mognaden är felaktig. Försening förekom endast vid övergödsling efter uppkomsten (ju senare gödsling, desto större försening). Däremot gav kvävegödsling före sädden både tidigare och jämnare mognad än ogödslat, och en förhöjning av kvävegiven från 45 till 75 kg N/ha bara förstärkte denna tendens.

Roland visade också att förklaringen till skillnaderna i mognadsförloppet är att söka i bestocknings- och axbildnings- processerna. Tidpunkten för axgångens början är oberoende av kvävetillförseln, men axgången fortgår sedan med olika hastighet beroende på kväve-(och vatten)tillgången. Gödsling före sädden ger alltid den snabbaste (och samtidigt den jämnaste) axgången. Vid övergödsling liksom vid brist på

kväve blir bestockningen och därmed även axgången mera utdragen. Detsamma händer med låg utsädesmängd. Försenad mognad är därför alltid ojämn mognad.

Roland definierade mognaden med den tidpunkt då kärnans vattenhalt sjunkit till 20%, och fann då mycken liten tidskillnad mellan olika kvävegödslingssätt. Ur produktionsbiologisk synpunkt vore det emellertid riktigare att definiera mognaden med den tidpunkt, då upplagringen i kärnan upphör (vattenhalt ca. 40%). Vattenhaltens minskning är ju därefter beroende på väderleken och inte på beståndet. T.ex. av Olereds (1967) undersökningsmaterial framgår, att kärnans vattenhalt sjunker under mognadsförloppet med ganska jämn hastighet ned till 35 - 40%, men därefter blir kurvornas förlopp mycket ojämn. Under slutfasen kan därför alla skillnader bli utjämnade, om man väntar tills vattenhalten sjunkit till 20%. Av Rolands vattenhaltsskurvor kan man läsa, att vid vattenhalterna mellan 30 och 40% är tidighetsskillnaderna mellan olika tidpunkter för kvävegödsling mycket större än vid 20%. T.ex. skillnaden mellan "gödsling före sådden" och "övergödsling en vecka efter uppkomsten" med 45 kg N är då hos havre och korn 3 - 5 dagar mot 1 - 2 dagar vid 20%.

I våra försök har radmyllningen av kväve i samband med sådden givit ett par dagar tidigare mognad än bredspridning och nerbrukning före sådden (Heinonen 1967, Heinonen och Huhtapalo 1968). Liknande resultat har man fått i södra Finland (Larpes 1968). Förklaringen är tydligen densamma som den av Roland givna, radmyllningen bara skärper den tidiga gödslingens effekt ytterligare och ger därmed den snabbaste och jämnaste axgången. Rolands försöksserie genomfördes dock under mycket gynnsamma nederbördsförhållanden, och då hade skillnaden mellan radmyllning och bredspridning före sådden sannolikt varit ganska liten.

Skördeavkastning.

Övergödsling 1 - 4 veckor efter uppkomsten har ofta givit en merskörd på 50 - 200 kg/ha jämfört med gödsling före sådden (Johansson och Jonsson 1967, Roland 1967). Roland fann denna skillnad endast hos havre (inte hos korn eller vårvete), och han förklarade den med den sena övergödslingens gynnsamma verkan på bestockningen, vilket var tydligast hos havre. Men den extra bestockning som övergödslingen orsakade skedde i form av en förlängd bestockningstid, och med försenad (= ojämn) mognad som oundviklig följd.

Tidighetsskillnaderna i mognaden efter olika kvävegödslingssätt är så stora, att de måste tas med i bedömningen av olika metoders biologiska effektivitet. Under den tid då kärnorna matas upplagras det dagligen 50 - 75 kg torrrsubstans i kärnorna. Detta innebär att om en viss metod försenar mognaden med 4 dagar, måste den ge 200 - 300 kg högre hektarskörd innan den är produktionsbiologiskt likvärdig med jämförelsemetoden. Ur denna synvinkel ter sig den merskörd som övergödslingen givit gentemot gödslingen före sådden, ganska måttlig.

Man kan också ställa frågan så: om man kan ta den risken som följer med en mognadsförsening på 4 dagar, kan man lika väl välja en 4 dagar senare sort som ger (om den har lika bra relativ avkastningsförmåga) 200 - 300 kg högre skörd, och då välja en gödslingsmetod som leder till jämn mognad.

Med tanke på den snabba initialutvecklingens stora betydelse kan jag inte komma till någon annan slutsats än att det måste vara riktigt att satsa på tidig kvävetillförsel och då närmast på radmyllning före eller i samband med sådden. Beståndet borde redan före axgången bli så lätt att ljusfaktorn hindrar all senare skottbildning. Övergödsling efter uppkomsten kan tänkas vara biologiskt motiverad endast, om jorden är så kväverik att bestockningen kan ske optimalt även utan tidig kvävetillförsel, eller om nederbörden är så hög att den utjämnar skillnaderna mellan olika tillförselsätt (hög nederbörd kan t.o.m. orsaka urlaknings- och denitrifikationsförluster efter tidig gödsling).

Lika viktigt som snabb bestockning och axgång är att kvävetillgången även senare under sommaren är tillräcklig, så att grödan kan bilda stora ax och toppblad och hålla dessa levande så länge som sommarens längd och sortens egenskaper tillåter. I vissa fall skulle en sen tillskottsgiva kanske vara biologiskt motiverad, om man avsevärt vill förlänga bladytans varaktighet under den reproduktiva fasen (och ta mognadsförseningen på köpet). Kvävets verkan på skördeavkastningen förklaras ju genom dess verkan på bladytans varaktighet. Därutöver kan kvävet öka proteinskörden genom "luxuskonsumtion", men det förefaller som om det egentliga behovet av kväve som byggnadsmaterial i kärnorna skulle bli tillfredsställt (i slutskede genom transport från döende blad), om villkoret "bladytans maximala varaktighet" är uppfyllt.

Överraskande nog ser det ut som om radmyllningen av kvävegödsel till 7 - 12 cm:s djup skulle kunna trygga den sena kväveförsörjningen lika bra som den tryggar den tidiga. Här måste påpekas att det till övervägande del är ammoniumkväve som normalt kommer till användning i radmyllningssammanhan. Detta kväve är direkt användbart för rötterna som har vuxit till gödselsträngen, men det synes inte bli upptaget så snabbt att det skulle leda till skadligt frodig beståndsutveckling. Det är tänkbart att växtens näringsbehov i viss mån kan styra upptagning från gödselsträngen genom att reglera rötternas förgreningsintensitet (Brouwer & Loen 1962). I varje fall har vi i en del försök funnit, att en överoptimal kvävegiva, som i bredspridning redan orsakade lägre skörd (utan liggsäd), var ofarlig eller t.o.m. gav skördeökning när den var radmyllad (Heinonen och Huhtapalo 1968). Vidare är att märka att i koncentrerade strängar är alla mikrobiella processer (både nitrifikation och denitrifikation) starkt hämmade och riskerna för kväveförluster genom denitrifikation och urlakning därför begränsade. Detta teoretiska resonemang får stöd av Auras (1967) markanalyser. Han fann att en betydande del av radmyllat ammoniumkväve låg kvar i strängarna långt in på sommaren.

Till sist måste ännu understrykas att kväveverkan alltid, och i synnerhet i axbildningsprocessen, är intimt beroende av vattentillgången. I denna analys har dock vattenfaktorn berörts endast sporadiskt, annars är det underförstått att markens fysikaliska tillstånd är något så när gynnsamt.

Sammanfattning.

Alla åtgärder som syftar till högre torrsubstansproduktion, måste i sista hand öka assimilationsapparatens storlek och varaktighet. Under midsommaren utnyttjar de flesta grödorna solstrålningen maximalt, och genom väl avvägt sortval och kvävegödsling kan även sensommaren utnyttjas effektivt ända till den skördetekniska riskgränsen. På vårsidan finns det däremot en betydande marginal mellan den meteorologiska sommarens början och den tidpunkt, då vårsädesbeståndets bladyta är tillräckligt stor för maximal assimilation. Lika viktigt som hög totalproduktion är att möjligast stor del av denna produktion utgörs av kärnavkastningen. Man har visat att kärnorna matas genom assimilation i själva axet och i det översta bladet, och därför är storleken och den aktiva livstiden av dessa organ av särskild betydelse. Vi måste alltså försöka befrämja initialutvecklingen, så att grödan tidigt bildar optimalt antal stora ax och stora toppblad, och vi måste försöka hålla denna assimilationsapparat vid liv så länge som möjligt.

Efter tidig sådd är temperaturen vanligtvis den dominerande tillväxtfaktorn, men även vatten, kväve och ljus kan ha en stor verkan. De växtfysiologiskt betingade förskjutningar i olika tillväxtprocesser, vilka framkallas av variationer i dessa faktorer diskuteras på sidorna 7 - 10 och sammanfattas i ett schema på sid. 8. Vill man för var och en av tillväxtprocesserna rottillväxt, bestockning och axskjutning påpeka de avgörande betingelserna, får man följande förteckning:

rottillväxt: relativ överproduktion av assimilatat i de ovanjordiska delarna (låg temperatur, hög ljusintensitet).
bestockning: kväve, vatten, assimilattillgång
axskjutning: hög temperatur

Av de dominerande faktorerna kan odlaren lättast reglera kvävetillförseln, men inom vissa gränser även såtiden och därmed den sannolika temperaturen. Relativt långsam initialutveckling efter tidig sådd är ägnad att befrämja särskilt rotutveckling och (vid god kvävetillgång) bestockning. Då kan axgången, när dess tid har kommit, ske snabbt och jämnt, vilket leder till tidig och jämn mognad. Detta är en fördel, men vid avkastningsjämförelser mellan olika metoder måste man komma ihåg, att varje dags förlängning i grödans utvecklingstid innebär att ytterligare 50 - 75 kg torrsubstans per hektar kan lagras i kärnorna. Detta förklarar att försenad mognad genom sen kvävegödsling (i likhet med senare mognande sorter) ofta medför skördeökning.

Radmyllningen av kväve i samband med sådden till 7 - 12 cm:s djup synes ge möjligheter att på ett optimalt sätt trygga

vårsädens kväveförsörjning från uppkomsten ända till kärnans viktigaste utvecklingstid. Om man sedan ännu vill förlänga utvecklingens sista fas, förefaller det vara riktigare att göra detta genom sortval och inte genom sen kvävegödsling som lätt ger upphov till grönskott.

Litteratur

- Allred, S.E. & Ohlrogge, A.J. 1964. Principles of nutrient uptake from fertilizer bands. VI. Germination and emergence of corn as affected by ammonia and ammonium phosphate. Agr. J. 56, 309 - 313.
- Aura, E. 1967. Effect of the placement of fertilizer on the development of spring wheat. J. Sci. Agr. Soc. Finland 39, 148 - 155.
- Boekholt, K. 1962. Standweiten bei Getreide. Mitt. DLG 77, 390 - 392.
- Brouwer, R. & Loen, E.A. 1962. Growth and uptake of individual crown roots of *Zea mays* L. Jaarb. I.B.S. 1962, 19 - 25.
- Collis - George, N. & Sands, J.E. 1962. Comparison of the effects of the physical and chemical components of soil water energy on seed germination. Aust. J. Agr. Res. 13, 575 - 584.
- Court, M.N., Stephen, R.C. & Waid, J.S. 1964. Toxicity as a cause of the inefficiency of urea as a fertilizer. I. Review J. Soil Sci. 15, 42 - 47.
- Ensminger, L.E. & Hood, J.T. & Willis, G.H. 1965. The mechanism of ammonium phosphate injury to seeds. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29, 320 - 322. (~~See Hood & Ensm. - 28, 251 - 253~~).
- Gliemeroth, G. 1958. Strukturzustand und Wurzel Ausbildung. Arbeiten der DLG 54, 35 - 49.
- Heinonen, R. 1967. Resultat av försök med radmyllning av kvävegödsel 1964 - 66. Växtnäringsnytt 1967, nr 4, 23-30.
- Heinonen, R. & Huhtapalo, Å. 1968. Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel. Rapp. 10 från jordbearb. avd.
- Holliday, R. 1964. Cereal sow width and its relationship to fertilizer placement. Farm Mech. 1964, May, 21-24.
- Hunter, A.S. & Rosenau, W.A. 1966. The effects of urea, biuret and ammonia on germination and early growth of corn (*Zea mays* L.). Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 30, 77-81.
- Jealotts Hill Res. Sta. Guide to field experiments 1967.
- Jensen, N.F. 1967. Agrobiology: specialization or systems analysis? Science 151, 1405-1409.
- Johansson, O. & Jönsson, L. 1967. Jämförande försök med kalksalpeter och kalkammonsalpeter. Lantbr.högsk. medd. A 80, 1-42

- Kivi, E. 1966. Växtförädlingen och skördenivåns utveckling. Lantmän och andelsfolk 1966, 410-411.
- Knoch, H.G., Ramig, R.E., Fox, R.L. & Koehler, F.E. 1957. Root development of winter wheat as influenced by soil moisture and nitrogen fertilization. Agron. J. 49, 20-25.
- Larpe, G. 1968. Radgödslingsförsök 1965-67. Lantmän och andelsfolk 1968, 166-170.
- Manner, R. 1967. Frost resistance of young cereal plants. Results of trials in freezing chambers. Maatalous ja koetsiminta 21, 57-62. (Finsk med engelsk sammanfattning).
- May, L.H., Chapman, F.H. & Aspinall, D. 1965. Quantitative studies of root development. I. The influence of nutrient concentration. Anst. J. Biol. Sci. 18, 25-35.
- Milthorpe, F.L. & Ivins, J.D. 1966. The growth of cereals and grasses. London. 359 pp.
- Olered, R. 1967. Development of α -amylase and falling number in wheat and rye during ripening. Plant Husbandry 23, 1-106.
- Olson, R.A. & Thompson, C.A. et al. 1964. Water requirement of grain crops as modified by fertilizer use. Agr. J. 56, 427-432.
- Pohjanheimo, O. 1959. Einfluss der Temperatur und der Niederschlagshöhe auf die Entwicklung der Sommergetreide in Jokioinen in den Jahren 1930-54. Maatalous ja koet. 13, 87-97.
- Pohjanheimo, O. & Heinonen, R. 1960. The effect of irrigation on root development, water use, nitrogen uptake, and yield characteristics of several barley varieties. Acta agr. fenn. 95, 6, 1-20.
- Pohjanheimo, O. 1968. Typpi ja korrenvahvistaja viljan viljelyssä. Leipälev. 16, 2, 12-16.
- Richards, S.J., Hagan, R.M. & Mc Calla, T.M. 1952. Soil temperature and plant growth. Agronomy 2, 303-480.
- Richards, L.A. & Wadleigh, C.H. 1952. Soil water and plant growth. Agronomy 2, 73-251.
- Roland, M. 1967. Vårsädens utveckling och mognad mot bakgrunden av kvävetillförsel och beståndstäthet. Agri hortique genetica 25, 52-97.
- Tanner, J.W. & Stoskopf, N.C. 1967. The plant resource. Agr. Inst. Rev. 22, 4, 25-29.

Ventskevich, G.Z., 1961. Agrometeorology. (Övers. fr. ryska). Jerusalem. 300pp.

Åkerberg, E. & Stoy, V. 1968. 132 år gamla sädeskärnor bevisar förädlingens betydelse.
Lantbruksnytt 2, 10, s. 15.

RAPPORTER från JORDBEARBETNINGSAVDELNINGEN.

Nr	År	
1	1968	Inge Håkansson: Fysikalisk och kemisk beskrivning av markprofiler från 8 platser i Uppland och Västergötland.
2	1968	Inge Håkansson: Några synpunkter på forskning och försöksverksamhet i jordbearbetning.
3	1968	Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Försök med harvning till vårsäd 1941 - 1959.
4	1968	Åke Huhtapalo, Reijo Heinonen: Inledande försök med gödselradmyllning kombinerat med sådd 1964 - 1966.
5	1968	Lennart Henriksson: Orienterande försök med bearbetning till höstvete.
6	1968	Lennart Henriksson: Försök med olika såtider.
7	1968	Reijo Heinonen: Berättelse över studieresa till Sovjet den 11 - 26 juli 1967.
8	1968	Inge Håkansson: Markfysikaliska studier i ett växtföljdsförsök på Ås den 15 - 16 juli 1966.
9	1968	Bo Thente: Luftpermeabilitetsmätning som markfysikalisk undersökningsmetod.
10	1968	Reijo Heinonen, Åke Huhtapalo: Besvarade och obesvarade frågor om radmyllning av kvävegödsel.
11	1968	Lennart Fergedal: Försök med jordpackning vid olika tidpunkter på våren. År 1967.
12	1968	Nils M. Nilsson, Lennart Henriksson: Ålavluckringsförsök 1937 - 1963.
13	1968	Reijo Heinonen: Tidig vårsådd. Växtfysiologiska och ekologiska synpunkter på aktuella tendenser i såbäddsberedning och sådd av vårstråsäd.

Denna serie av stencilerade rapporter utges från avdelningen för jordbearbetning vid Lantbrukshögskolans institution för växtnäringslära och jordbearbetning. Serien utkommer i fri följd och innehåller material, som inte alls eller först i ett senare sammanhang ges ut i tryck. Som exempel kan nämnas preliminära undersökningsresultat och försökssammanställningar, primärmaterial och tabellbilagor till tryckta publikationer samt rapporter, meddelanden o.d., som av olika skäl vänder sig endast till en begränsad grupp av läsare. Serien finns tillgänglig vid avdelningen och kan i mån av tillgång erhållas därifrån.

Adress: Avdelningen för jordbearbetning, Lantbrukshögskolan, 750 07 UPPSALA 7.

Vinjetten på första omslagssidan återger den s.k. Ultunaplogen, tillverkad på Ultuna slöjdverkstad omkring år 1850.